

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-218863

(43) 公開日 平成7年(1995)8月18日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 27/18		A		
G 0 3 F 7/20	5 2 1			
H 0 1 L 21/027		7352-4M	H 0 1 L 21/ 30	5 1 8
審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全 11 頁)				

(21) 出願番号 特願平6-329962

(22) 出願日 平成6年(1994)12月5日

(31) 優先権主張番号 特願平5-339770

(32) 優先日 平5(1993)12月6日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 加藤 欣也

東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式会社ニコン大井製作所内

(72) 発明者 関 昌美

東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式会社ニコン大井製作所内

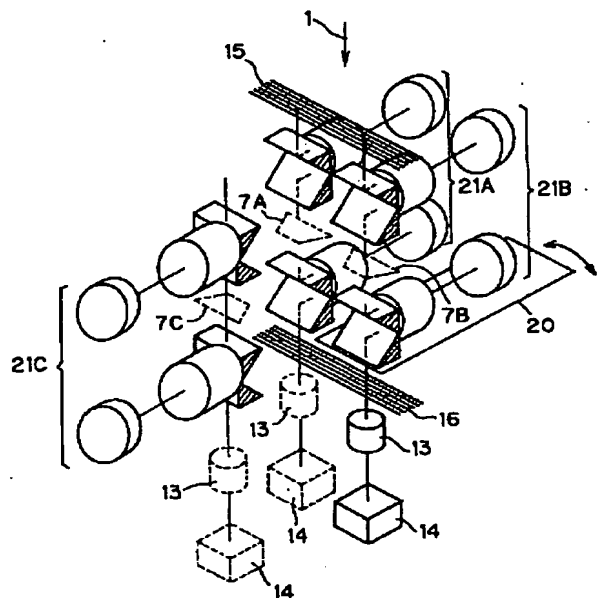
(74) 代理人 弁理士 山口 幸雄

(54) 【発明の名称】 投影露光装置

(57) 【要約】

【目的】 複数の投影光学ユニットで投影光学系を構成しながら各投影光学ユニットの像の間の整合性の高い投影露光装置を提供すること。

【構成】 本発明の投影露光装置は、投影光学系に対して第1の基板および第2の基板を相対的に移動させて第1の基板上に形成されたパターンを投影光学系を介して第2の基板上に投影露光する投影露光装置である。そして、投影光学系は、第1の基板上に形成されたパターンの等倍正立像を第2の基板上に形成する複数の投影光学ユニットからなる。複数の投影光学ユニットの各々は、第1の基板からの光を偏向させる第1の偏向部材と、この第1の偏向部材からの光を反射させる反射鏡と、反射鏡からの光を第2の基板へ向けて偏向させる第2の偏向部材とを有する。ここで、本発明では、複数の投影光学ユニットを介して第2の基板上に形成される複数の像の相互間の向きの誤差を補正するための補正手段を備えている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 投影光学系に対して第 1 の基板および第 2 の基板を相対的に移動させて前記第 1 の基板上に形成されたパターンを前記投影光学系を介して前記第 2 の基板上に投影露光する投影露光装置において、前記投影光学系は、前記第 1 の基板上に形成されたパターンの等倍正立像を前記第 2 の基板上に形成する複数の投影光学ユニットからなり、

前記複数の投影光学ユニットの各々は、前記第 1 の基板からの光を偏向させる第 1 の偏向部材と、該第 1 の偏向部材からの光を反射させる反射鏡と、該反射鏡からの光を前記第 2 の基板へ向けて偏向させる第 2 の偏向部材とを有しかつ少なくとも像側がテレセントリックな光学系であり、

前記複数の投影光学ユニットを介して前記第 2 の基板上に形成される複数の像の相互間の向きの誤差を補正するための補正手段を備えていることを特徴とする投影露光装置。

【請求項 2】 前記補正手段は、所定ピッチを有し且つ前記投影光学系の物体面に相当する位置に位置決めされる第 1 の明暗格子と、該第 1 の明暗格子と同一のピッチを有し且つ前記投影光学系の像面に相当する位置に位置決めされる第 2 の明暗格子と、前記投影光学ユニットによる前記第 1 の明暗格子の像および前記第 2 の明暗格子から生ずるモアレ縞を観測するための観測手段と、該観測手段で観測したモアレ縞に基づいて前記複数の投影光学ユニットの各々の位置決めを補正するための位置決め補正手段とを備えていることを特徴とする請求項 1 に記載の投影露光装置。

【請求項 3】 前記投影光学ユニットは、前記第 1 の基板上に形成されたパターンの中間像を形成する第 1 の部分光学系と、前記中間像を前記第 2 の基板上に再結像させる第 2 の部分光学系とを備え、該第 1 および第 2 の部分光学系は前記第 1 および第 2 の偏向部材と前記反射鏡とをそれぞれ備えていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の投影露光装置。

【請求項 4】 前記位置決め補正手段は、前記複数の投影光学ユニットの各々の前記第 1 および第 2 の偏向部材の向きを補正することを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の投影露光装置。

【請求項 5】 前記位置決め補正手段は、前記複数の投影光学ユニットの各々の前記第 1 および第 2 の偏向部材と前記反射鏡との向きを補正することを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の投影露光装置。

【請求項 6】 前記第 1 の明暗格子および前記第 2 の明暗格子は、少なくとも任意の隣接する 2 つの投影光学ユニットの領域を占め、それぞれ前記パターン面および前記像面内において移動可能であることを特徴とする請求項 2 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の投影露光装置。

【請求項 7】 前記第 1 の明暗格子および前記第 2 の明

暗格子は、前記投影光学系の全領域を占めることを特徴とする請求項 2 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の投影露光装置。

【請求項 8】 前記観測手段は、前記前記第 1 の明暗格子と前記複数の投影光学ユニットと前記第 2 の明暗格子とを介した照明光により前記モアレ縞の像を形成する受光光学系と、前記モアレ縞の像を光電変換する受光手段とを備え、前記受光光学系は、少なくとも前記投影光学ユニット側がテレセントリックであることを特徴とする請求項 2 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の投影露光装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は投影露光装置に関し、特に複数の投影光学ユニットからなる投影光学系の自己補正に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、ワープロ、パソコン、テレビ等の表示素子として、液晶表示パネルが多用されるようになった。液晶表示パネルは、ガラス基板上に透明薄膜電極をフォトリソグラフィの手法で所望の形状にパターンニングして作られる。このリソグラフィのための装置として、マスク上に形成された原画パターンを投影光学系を介してガラス基板上のフォトリソ層に露光するミラープロジェクションタイプのアライナーが使われていた。

【0003】 ところで、従来のミラープロジェクションタイプのアライナーでは、露光領域を拡大するために、露光領域を分割して露光していた。具体的には、被露光基板であるプレート上の露光領域をたとえば 4 つの領域に分割し、第 1 のマスクと第 1 の領域とを走査露光し、第 1 の領域に第 1 のマスクの回路パターンを転写する。次いで、第 1 のマスクと第 2 のマスクとを交換するとともに、投影光学系の露光領域と第 2 の領域とが重なるように、プレートをステップ的に移動させる。そして、第 2 のマスクと第 2 の領域とを走査露光して、第 2 のマスクの回路パターンを第 2 の領域上に転写する。以下、第 3 のマスクおよび第 4 のマスクならびに第 3 の領域および第 4 の領域について同様の工程を繰り返し、第 3 のマスクおよび第 4 のマスクの回路パターンをそれぞれ第 3 の領域および第 4 の領域に転写していた。

【0004】 このように、露光領域を分割して露光する場合、1 つの露光領域に対して複数回の走査露光を行うためスループット（単位時間当たりの露光基板量）が低い。さらに、分割露光の場合には、隣接する露光領域との間に継ぎ目が発生するのでその継ぎ精度を高める必要がある。このため、投影光学系の倍率誤差を 0 に近づける必要があるとともに、アライメント精度の大幅な向上が要求され、装置のコスト高を招いてしまう。

【0005】 一方、分割露光することなく大きな 1 つの露光領域を一括して走査露光するために、投影光学系の

大型化を図ることが考えられる。しかしながら、投影光学系の大型化を図るためには、大型の光学素子を非常に高精度に製作する必要がある、その結果製作コストの増大および装置の大型化を招く。また、投影光学系の大型化により収差の増大すなわち結像性能の低下を招いてしまう。

【0006】そこで、投影光学系を等倍正立像を形成する複数の投影光学ユニットで構成した投影露光装置が提案されている（特願平5-161588号）。この出願で提案された投影露光装置では、各投影光学ユニットが第1部分光学系および第2部分光学系からなり、各部分光学系はダイソン型、オフナー型等の反射型の光学系である。このように、複数の投影光学ユニットで投影光学系を構成した投影露光装置では、各投影光学ユニットは小型でも全体として1つの大きな露光領域を走査露光することができるという利点がある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の投影露光装置では、各投影光学ユニットが複数の反射面を含んでいるので、反射面の取り付け誤差等に起因して各投影光学ユニットを介してそれぞれ形成される像の相互間の向きに誤差が発生する。そして、投影光学系が複数の投影光学ユニットで構成されているので、上述した像の相互間の向きの誤差を補正しない限り、走査露光したときに各投影光学ユニットを介してそれぞれ形成される像の間の整合性が損なわれるという不都合があった。

【0008】本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、複数の投影光学ユニットで投影光学系を構成しながら各投影光学ユニットの像の間の整合性の高い投影露光装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明による投影露光装置は以下の構成を有する。例えば図3に示す如く、本発明の投影露光装置は、投影光学系（21A～21C）に対して第1の基板および第2の基板を相対的に移動させて前記第1の基板上に形成されたパターンを前記投影光学系を介して前記第2の基板上に投影露光するものであって、前記投影光学系は、前記第1の基板上に形成されたパターンの等倍正立像を前記第2の基板上に形成する複数の投影光学ユニット（21A, 21B, 21C）からなり、前記複数の投影光学ユニットの各々は、前記第1の基板からの光を偏向させる第1の偏向部材と、該第1の偏向部材からの光を反射させる反射鏡と、該反射鏡からの光を前記第2の基板へ向けて偏向させる第2の偏向部材とを有しかつ少なくとも像側がテレセントリックな光学系であり、前記複数の投影光学ユニットを介して前記第2の基板上に形成される複数の像の相互間の向きの誤差を補正するための補正手段を備えるように構成される。

【0010】本発明の好ましい態様によれば、前記補正

手段は、所定ピッチを有し且つ前記投影光学系の物体面に相当する位置に位置決めされる第1の明暗格子（15）と、該第1の明暗格子と同一のピッチを有し且つ前記投影光学系の像面に相当する位置に位置決めされる第2の明暗格子（16）と、前記投影光学ユニットによる前記第1の明暗格子の像および前記第2の明暗格子から生ずるモアレ縞を観測するための観測手段（13, 14）と、該観測手段で観測したモアレ縞に基づいて前記複数の投影光学ユニットの各々の位置決めを補正するための位置決め補正手段とを備えている。

【0011】

【作用】以上のように、本発明では、複数の投影光学ユニットからなる投影光学系を有する走査型の投影露光装置において、投影光学系の物体面および像面に相当する位置にそれぞれ明暗の格子パターンを配置する。各格子パターンは、透明部と不透明部とが交互に等間隔平行に並んだパターンであり、互いにほぼ平行に且つほぼ同じ向きに配置される。そして、2つの明暗格子パターンおよび投影光学系を介した照明光を受光し、各投影光学ユニットについてモアレ縞を観測する。

【0012】後述するように、各投影光学ユニットを介してそれぞれ形成される像の向きが同じであれば、各投影光学ユニットについて観測されるモアレ縞のピッチは等しい。換言すれば、2つの投影光学ユニットについてモアレ縞のピッチを計測し、各投影光学ユニットを介して形成された像の相互間の向きの誤差を検出することができる。したがって、モアレ縞のピッチが等しくなるように各投影光学ユニットの反射面（第1および第2の偏向部材、反射鏡）の向きをほぼ一定にすることにより、各投影光学ユニットを介して形成される像の向きをほぼ一定にすることができる。その結果、各投影光学ユニット間の整合性の高い投影露光が可能になる。

【0013】

【実施例】本発明の実施例を、添付図面に基づいて説明する。図1は、本発明の実施例にかかる投影露光装置の構成を示す斜視図である。また、図2は、図1の投影露光装置の投影光学系の構成を示す図である。図1では、所定の回路パターンが形成されたマスク108とレジストが塗布されたガラス基板からなるプレート109とが搬送される方向（走査方向）をX軸とし、マスク108の平面内でX軸と直交する方向をY軸とし、マスク108の法線方向をZ軸としている。

【0014】図示の投影露光装置は、図中XY平面内のマスク108を均一に照明するための照明光学系110を備えている。マスク108の下方（-Z方向）には、複数の投影光学ユニット102a乃至102gからなる投影光学系が配設されている。各投影光学ユニットはそれぞれ同じ構成を有する。投影光学系のさらに下方には、プレート109がXY平面とほぼ平行になるようにステージ160上に載置されている。なお、走査露光

10

20

30

40

50

中、マスク 108 とプレート 109 とは図中矢印方向（X 方向）に一体的に移動される。

【0015】図 2 は、各投影光学ユニットの構成を概略的に示す図である。図示の投影光学ユニットは、第 1 の部分光学系（121～124）と、視野絞り 125 と、第 2 の部分光学系（126～129）とから構成されている。第 1 部分光学系（121～124）および第 2 部分光学系（126～129）は、それぞれダイソン型の光学系であって、同じ構成を有する。

【0016】第 1 の部分光学系は、マスク 108 からの光を +X 軸方向（図中右側）に偏向するプリズム 130 の第 1 の反射面 121 と、この第 1 の反射面 121 で反射された光を収束させるための平凸レンズ 122 と、この平凸レンズ 122 を通過した光を平凸レンズ 122 に反射する凹面鏡 123 と、平凸レンズ 122 を介して入射した光を図中 -Z 方向に偏向するプリズム 130 の第 2 の反射面 124 とからなる。上述したように、第 1 の部分光学系と第 2 の部分光学系とは全く同じ構成を有する。図 2 において、第 2 の部分光学系の構成要素には第 1 の部分光学系の構成要素と異なる符号が付されているが、第 2 の部分光学系の構成について重複する説明を省略する。

【0017】マスク 108 を透過した照明光は、プリズム 130 の第 1 の反射面 121 で +X 方向（図中右側）に偏向され、平凸レンズ 122 に入射する。平凸レンズ 122 で収束された光は、凹面鏡 123 で -X 方向（図中左側）に反射され、再び平凸レンズ 122 に入射する。平凸レンズ 122 を通過した光は、プリズム 130 の第 2 の反射面 124 で -Z 方向（図中下方）に偏向され、第 1 の部分光学系と第 2 の部分光学系との間にマスク 108 のパターン的一次像が形成される。このように、第 1 の部分光学系（121～124）によって形成された一次像は、X 方向の横倍率が +1 倍で Y 方向の横倍率が -1 倍のマスク 108 の等倍像である。なお、一次像が形成される位置には視野絞り 125 が配置されている。

【0018】視野絞り 125 を介した一次像からの光は、第 2 の部分光学系のプリズム 131 の第 1 の反射面 126 で +X 方向（図中右側）に偏向され、平凸レンズ 127 に入射する。平凸レンズ 127 で収束された光は、凹面鏡 128 で -X 方向（図中左側）に反射され、再び平凸レンズ 127 に入射する。平凸レンズ 127 を通過した光は、プリズム 131 の第 2 の反射面 129 で -Z 方向（図中下方）に偏向され、プレート 109 上にはマスク 108 のパターンの二次像が形成される。

【0019】上述したように、第 1 の部分光学系と第 2 の部分光学系とは全く同じ構成を有し、第 2 の部分光学系は X 方向の横倍率が +1 倍で Y 方向の横倍率が -1 倍の一次像の等倍像を形成する。したがって、第 1 および第 2 の部分光学系を介してプレート 109 上に形成され

る二次像は、マスク 108 の等倍正立像（X 方向および Y 方向の横倍率がともに +1 倍の像）となる。ここで、第 1 および第 2 のダイソン型部分光学系からなる投影光学ユニットは、両側（物体側および像側の双方）テレセントリック光学系である。

【0020】一般に、ダイソン型光学系では収差が十分小さい領域として規定される最大視野領域はほぼ半円形状となる。したがって、視野絞り 125 には形成される開口部は、半円形状の最大視野領域内において規定される。本実施例では、視野絞り 125 には、台形状の開口部が形成されている。図 1 において、投影光学ユニット 102 a 乃至 102 g にそれぞれ配置された視野絞りにより、マスク 108 上において台形状の視野領域 108 a 乃至 108 g が規定される。これらの視野領域 108 a 乃至 108 g の像は、投影光学系を介してプレート 109 上の露光領域 109 a 乃至 109 g において等倍正立像として形成される。

【0021】ここで、投影光学ユニット 102 a 乃至 102 d は、対応する視野領域 108 a 乃至 108 d が図中 Y 方向すなわち走査直交方向に沿って直線状に並ぶように配設されている。一方、投影光学ユニット 102 e 乃至 102 g は、対応する視野領域 8 e 乃至 8 g が Y 方向に沿って視野領域 8 a 乃至 8 d とは異なる直線状に並ぶように配設されている。

【0022】なお、投影光学ユニット 102 a 乃至 102 d の長手方向および投影光学ユニット 102 e 乃至 102 g の長手方向はともに X 軸に平行で、且つ投影光学ユニット 102 a 乃至 102 d の反射面と投影光学ユニット 102 e 乃至 102 g の反射面とが近接するように、すなわち第 1 群の投影光学ユニット 102 a 乃至 102 d と第 2 群の投影光学ユニット 102 e 乃至 102 g とが対向するように構成されている。さらに、Y 方向に沿って投影光学ユニット 102 a、102 e、102 b、102 f、102 c、102 g、102 d の順に第 1 群と第 2 群とが交互に配設されている。

【0023】なお、マスク 108 上の視野領域 108 a 乃至 108 g は、それぞれ対応する投影光学ユニット内の視野絞りの開口部形状によって規定される。したがって、照明光学系 110 には、視野領域 108 a 乃至 108 g を厳密に規定するための光学系を設ける必要がない。このように、プレート 109 上には、投影光学ユニット 108 a 乃至 108 d を介して露光領域 109 a 乃至 109 d が Y 方向に沿って直線状に形成され、投影光学ユニット 108 e 乃至 108 g を介して露光領域 109 e 乃至 109 g が Y 方向に沿って直線状に形成される。これらの露光領域 109 a 乃至 109 g は、マスク 108 上の視野領域 108 a 乃至 108 g の等倍正立像である。

【0024】次いで、投影光学ユニット 102 a 乃至 102 g によって規定される視野領域 108 a 乃至 108

gのマスク108上における位置関係を説明する。台形状の視野領域108a乃至108dの短辺部分と同じく台形状の視野領域108e乃至108gの短辺部分とが対向するように配置され、さらに各視野領域の三角形形状端部とこれに隣接する視野領域の対応する三角形形状端部とがX方向（走査方向）に重複するようになっている。

【0025】このように、第1群の視野領域108a乃至108dと第2群の視野領域108e乃至108gとをY方向に交互に配置するのは、各投影光学ユニットが両側テレセントリック光学系であるため、XY平面において投影光学ユニット102a乃至102gが占める領域がそれぞれ対応する視野領域108a乃至108gより大きくなってしまふからである。

【0026】すなわち、直線状に配列した投影光学ユニット102a乃至102dの視野絞りによって規定される視野領域108a乃至108dでは、各領域の間でY方向に間隔が発生する。その結果、投影光学ユニット102a乃至102dだけではプレート109上においてY方向に連続した露光領域を確保することができなくなってしまう。そこで、投影光学ユニット102e乃至102gを付設して、対応する視野領域108e乃至108gで視野領域108a乃至108dのY方向間隔を補完して、Y方向に連続した露光領域を確保している。なお、本実施例においては、視野領域108a乃至108gの中で最もY方向において端部に位置する視野領域108aおよび108dの端部は、マスク108のパターンが形成される領域のY方向の端部と一致している。

【0027】このように、マスク108上の視野領域108a乃至108gにおいて、走査方向（X方向）に沿った視野領域の長さの総和が走査直交方向（Y方向）の任意の位置において一定になっている。すなわち、視野領域の等倍正立像である露光領域109a乃至109gにおいても、走査方向（X方向）に沿った視野領域の長さの総和が走査直交方向（Y方向）の任意の位置において一定になる。その結果、走査露光により、プレート109上の全面に亘って均一な露光光量分布を得ることができる。

【0028】図3は、本発明の実施例にかかる投影露光装置の補正手段の構成を示す図である。図中、投影光学ユニット21A乃至21Cは、図2に示す構成を有するダイソン型の光学系である。図示の補正手段は、投影光学系の投影パターン面に相当する位置に配置された明暗の格子パターン15を備えている。

【0029】また、投影光学系の像面に相当する位置には、格子パターン15と同じ構成の明暗の格子パターン16が設けられている。なお、格子パターン15および16は、同一ピッチのパターン（透明部と不透明部とが交互に等間隔平行に並んだパターン）であって互いにほぼ平行に且つほぼ同じ向きに位置決めされている。図3においては、図面の明瞭化のために格子パターン15お

よび16の一部だけを示している。

【0030】図示の補正手段はさらに、投影光学系の図中下方に配置された受光レンズ13と、この受光レンズ13のさらに図中下方に配置されたイメージセンサ14とを備えている。なお、受光センサ13は、少なくとも物体側（投影光学ユニット21A～21C側）がテレセントリックで構成されている。また、図中破線で示すように、受光センサ13およびイメージセンサ14は一体となって、各投影光学ユニットの像面に沿った方向に移動可能に構成されており、各投影光学ユニットの図中下方に順次移動することができる。さらに、格子パターン16とイメージセンサ14の受光面とは、共役関係になっている。こうして、照明光学系（不図示）からの照明光1は、格子パターン15、各投影光学ユニットおよび格子パターン16を通過し、受光レンズ13を介してイメージセンサ14で受光されるようになっている。

【0031】次に図4及び図5を参照して本実施例の格子パターン15、16、受光レンズ13およびイメージセンサ14の構成について説明する。図4は本実施例におけるステージの構成を概略的に示す斜視図であり、図3と対応した座標系を採用している。また、図5は本実施例のXZ断面図である。図4において、マスク108はXY平面内に沿って移動可能なマスクステージ150上に真空吸着の手法により載置されている。このマスクステージ150は図5に示す通り、マスク108を通過する露光光を通過させるための開口部を持つものである。なお、マスクステージ150上に載置されるマスク108のパターン面（パターンが設けられる面）は、下側（プレート109側）となる。

【0032】図4に戻って、プレート109はXY平面内に沿って移動可能なプレートステージ160上に真空吸着の手法により載置されている。ここで、マスクステージ150及びプレートステージ160は、それぞれYZ平面において「C字状」の断面を持つキャリッジ170に設けられている。このキャリッジ170はX方向に沿って移動可能に設けられている。

【0033】キャリッジ170上のマスクステージ150とは異なる部分（キャリッジ170上のマスクステージ150に隣接する端部）には、格子パターン15を持つ基板ガラス141を支持するガラス支持台143が固設されている。図5に示す如く、このガラス支持台143も格子パターン15を通過する照明光学系110からの光を通過させるための開口部を有する。なお、ガラス支持台143上に載置される基板ガラス141の格子パターン15は、下側（プレート109側）となり、かつマスクステージ150上のマスク108のパターン面と同一の面内に位置する。

【0034】図4に戻って、キャリッジ170上のプレートステージ150とは異なる部分には、格子パターン16を持つ基板ガラス142を支持するガラス支持台1

44が固設されている。図5に示す如く、このガラス支持台144は、格子パターン16を通過する光を通過させるための開口部を有する。なお、ガラス支持台144上に載置される基板ガラス142の格子パターン16は、プレート109の上側（マスク108側）の面と同一の面内に位置する。

【0035】また、図4に戻って、ガラス基板上141上の格子パターン15及びガラス基板142上の格子パターン16は、図中X方向に沿ったピッチを有する。そして、キャリッジ170には、図中Y方向に延びた溝であるガイド146が設けられている。ここで、図3に示す受光レンズ13及びイメージセンサ14を有する検出ユニット145は、ガイド146の溝に移動可能に取り付けられている。従って、検出ユニット145は、図中Y方向に沿って移動可能となる。なお、不図示ではあるが、検出ユニット145にはリニアエンコーダが設けられており、検出ユニット145のY方向の位置を検出できる構成となっている。

【0036】図5に示すように、検出ユニット145の受光レンズ13によって、ガラス基板142上の格子パターン16と、イメージセンサ14の撮像面とが共役になっている。そして、ガラス基板142上の格子パターン16とガラス基板141上の格子パターン15とは、これらの格子パターン15及び16の間に配置される投影光学系（122～128）によって共役な関係であるため、イメージセンサ14においては、格子パターン15の像（3次像）と、格子パターン16の像（正確には1次像）とが形成される。すなわち、イメージセンサ14上には、格子パターン15と格子パターン16とのモアレ縞が形成される。

【0037】なお、本実施例では、格子パターン15はキャリッジ170上に設けられているが、マスク108を支持するマスクステージ150上の一部に設けられていても良い。また、格子パターン16はキャリッジ170上に設けられているが、プレート109を支持するステージ160上の一部に設けられていても良い。

【0038】ここで、受光レンズ13が物体側テレセントリック（投影光学系122～128側がテレセントリック）でない場合には、受光レンズ13と格子パターン16との間の距離変動によりイメージセンサ14上での倍率に変化し、正確なピッチの検出が困難になるため好ましくない。本実施例においては、受光レンズ13が物体側テレセントリックであるため、受光レンズ13およびイメージセンサ14が一体となって移動するときに、格子パターンとの距離変動が生じて、正確にピッチを

$$p = d/\delta$$

【0043】明暗格子のピッチdは定数であるから、観測されるモアレ縞のピッチpが一定であれば格子パターン15の二次像と格子パターン16との交差角δが一定であることを検知することができる。ここで、モアレ縞

検出することができる。

【0039】図6は、投影光学ユニットの反射面の位置ずれと形成される像の向きとの関係を説明する図であって、(a)は第2の部分光学系の反射面だけが位置ずれした場合を、(b)は第2の部分光学系全体が位置ずれした場合を示している。なお、図6に示す投影光学ユニットは、図2に示す構成を有するダイソン型の光学系である。

【0040】図6(a)において、第2の部分光学系の第1および第2の反射面を有するプリズムが光軸2を中心として角度θだけ図示の方向に回転すると、視野絞り7の位置に形成される投影パターン31の一次像32の向きは全く影響を受けないが、投影光学ユニットの像面位置に形成される投影パターン31の二次像33は光軸2を中心として角度2θだけ図示の方向に回転してしまう。

【0041】一方、図6(b)において、第2の部分光学系全体が光軸2を中心として角度θだけ図示の方向に回転すると、視野絞り7の位置に形成される投影パターン31の一次像32の向きは全く影響を受けないが、投影光学ユニットの像面位置に形成される投影パターン31の二次像33は光軸2を中心として角度2θだけ図示の方向に回転してしまう。換言すれば、投影光学ユニットの反射面を光軸2回りに回転させることにより、形成される像の向きを調節することができる。このように、各投影光学系の反射面の取り付けに回転誤差があると、各投影光学ユニットを介してそれぞれ形成される像の向きが一定にならないので、走査露光したときに各投影光学ユニットを介してそれぞれ形成される像の間の整合性が損なわれる。また、投影光学ユニット全体が他の投影光学ユニット全体に対して回転誤差のある状態で取り付けられていても、それぞれ形成される像の間の整合性が損なわれる。

【0042】一方、格子パターン15および格子パターン16は、それぞれ投影光学系の投影パターン面および像面に相当する位置にあるので、2つの格子パターンは互いに共役関係にある。そして、格子パターン15と格子パターン16とはほぼ平行に且つほぼ同じ向きに配置されている。したがって、イメージセンサ14においてモアレ縞を観測することができる。観測されるモアレ縞のピッチpは、明暗格子のピッチをdとし、格子相互の回転角（格子パターン15の二次像と格子パターン16との交差角に対応）をδとして、次式(1)で表される。

$$(1)$$

のピッチpには2つの格子パターンの交差角δの絶対値が対応しているだけで格子パターン16に対する格子パターン15の二次像の向きは2通り考えられる。したがって、各投影光学ユニットについてモアレ縞のピッチを

計測するとともに各投影光学ユニットの反射面を光軸回りに適宜回動させながら、モアレ縞のピッチが各投影光学ユニット間ではほぼ一定になるように反射面の向きも合わせて調節すれば、各投影光学ユニットを介して形成される像の相互間の向きの誤差を補正することができる。

【0044】具体的には、図6(a)にしたがって、投影光学ユニットの第2の部分光学系のプリズムの反射面だけを回転させて補正する場合には、プリズムと平凸レンズとを分離する必要がある。一方、図6(b)にしたがって、投影光学ユニットの第2の部分光学系全体とともにその反射面を回転させて補正する場合には、図3において参照符号20で示す光学系全体を図中矢印の方向に回動させる必要がある。

【0045】次に、図7を参照して本実施例における投影光学ユニットの調整機構について説明する。図7

(a)は投影光学ユニットのXY平面図であり、図7

(b)は投影光学ユニットのXZ平面図であり、図7

(c)は投影光学ユニットのYZ平面図である。なお、図7に示す投影光学ユニットは、第2の部分光学系(126~129)のみを示す。

【0046】図7(a)、(b)において、反射面126、129を持つプリズム131は支持枠209aに保持されており、平凸レンズ127と凹面鏡128とを一体に支持する鏡筒210は、支持枠209bに保持されている。ここで、支持枠209a、209bは、図中一点鎖線で示す平凸レンズ127と凹面鏡128との光軸Axを含むXZ平面に沿って3か所に設けられたヒンジ部分209cを介して一体となっている。プリズム131と鏡筒210とは、ヒンジ部分209cを回転中心と

$$\theta \cong \Delta / L$$

で表される。ここで、変位センサ208が約10nmの精度であり、回転中心であるヒンジ部分209cと変位

$$10 \text{ nm} / 100 \text{ mm} = 0.1 \mu \text{ rad} (0.02'')$$

の精度でプリズムの回転量 $\theta$ を測定できる。従って、アクチュエータ207としては、例えば分解能1nmのピエゾ素子を使用すれば、上記0.1 $\mu$ radの精度でプリズムの回転量の制御を行うことができる。

【0050】なお、図7および図8に示す例では、平凸レンズ127および凹面鏡128を保持する鏡筒210に対してプリズム131を回転制御しているが、その代わりに、プリズム131、平凸レンズ127および凹面鏡128を鏡筒によって一体的に保持し、この鏡筒と露光装置本体との接続部分にアクチュエータ207、変位センサ208および弾性ヒンジ209を設ければ、第2の部分光学系全体の回転制御が可能となる。

【0051】また、図7および図8に示す例では、ヒンジ部分209cが光軸を含むYZ平面内に3か所設けられているが、プリズム131と平凸レンズ127との間隔を十分に確保できない場合には、このヒンジ部分209cを-Y方向における弾性ヒンジ209の端部に設け

してYZ平面内において揺動可能に構成される。なお、このとき、回転中心となるヒンジ部分209cは、投影光学系を通過する光束を遮光しない位置になる。

【0047】図7(b)を図中-X方向側から見た平面図である図7(c)を参照して簡単に説明する。図7(c)において、支持枠209aは、YZ平面内において2つの開口部209a1、209a2を有する。プリズム131はこれらの開口部209a1、209a2を覆う如く取り付けられている。図7(c)では、回転中心となるヒンジ部分209cを図中斜線で囲って示してある。図示の通り、このヒンジ部分209cは開口部209a1、209a2を挟む如くZ方向に沿って設けられており、図2の視野絞り125により規定される視野の範囲外に上記接続部分が位置することが分かる。

【0048】図7(a)に戻って、支持枠209a、209bおよびヒンジ部分209cからなる弾性ヒンジ209には、圧電素子あるいは積層型圧電素子からなるアクチュエータ207と、静電容量型センサからなる変位センサ208とが設けられている。

【0049】図8に示す如く、アクチュエータ207を伸縮させると、ヒンジ部分209cを回転中心としてプリズム131の反射面が鏡筒210に対して回転し、投影光学ユニットによる像はこのプリズム131の回転量 $\theta$ の2倍の回転量だけ回転する。ここで、変位センサ208の位置における支持枠209a、209bの変位量を $\Delta$ とし、ヒンジ部分209cと変位センサ208とのY方向の距離をLとすると、プリズム131の回転量 $\theta$ は、

$$(2)$$

センサ208とのY方向の距離Lを100mmとした場合、

$$10 \text{ nm} / 100 \text{ mm} = 0.1 \mu \text{ rad} (0.02'')$$

れば良い。このときには、ヒンジ部分209cはZ方向に延びた形状の1つの部材となり、光軸を含まないXZ平面内に設けられる。

【0052】次にアクチュエータ207および変位センサ209の制御系について図9を参照して説明する。図9において、受光レンズ13は拡大倍率を有し、イメージセンサ14の撮像面上に格子パターン16上に形成されるモアレ縞の拡大像を形成する。演算手段204は、イメージセンサ14からの出力に基づいて、モアレ縞のピッチを計測する。また、演算手段204は、このモアレ縞のピッチをメモリー205に記憶させる。差分演算器206は、モアレ縞のピッチと、メモリーに記憶されたモアレ縞のピッチとの差分をとり、この差分が一定量となるように、アクチュエータ207を駆動する。

【0053】上記の制御の具体例について図3乃至図5、図9及び図10を参照して詳述する。なお、図10は本実施例による調節動作の一例を示すフローチャート

図である。

【0054】〔ステップ0〕ステップ0では、演算手段204は、投影光学ユニット21Aの視野内に検出ユニット145が位置するように、キャリッジ170をX方向に移動させ、検出ユニット145をY方向に移動させる。その後、演算手段204は次のステップ1へ移行する。

【0055】〔ステップ1〕ステップ1では、演算手段204は、アクチュエータ207を駆動させることによりプリズムを回転させつつ、検出ユニット145により格子パターン16上に形成されるモアレ縞のピッチpと格子相互の回転角 $\delta$ の方向とを検出する。その後、演算手段204は、次のステップ2へ移行する。

【0056】〔ステップ2〕ステップ2では、ステップ1による検出結果をメモリー205に記憶させ、次のステップ3へ移行する。

【0057】〔ステップ3〕ステップ3では、演算手段204は、全ての投影光学ユニットに関して調整が完了しているか否かを判断する。この説明においては、投影光学ユニット21B及び21Cに関する調整が完了していないため、ステップ4へ移行する。

【0058】〔ステップ4〕ステップ4では、演算手段204は、投影光学ユニット21Bに関してステップ0及びステップ1を実行し、ステップ5へ移行する。

【0059】〔ステップ5〕ステップ5では、差分演算器206により、投影光学ユニット21Bに関するピッチpと回転角 $\delta$ の方向とがメモリー205内に記憶された投影光学ユニット21Aのものと同じか否かを判断する。ここで、等しくない場合には、演算手段204は、次のステップ6へ移行し、等しい場合には、ステップ11へ移行する。

【0060】〔ステップ6〕ステップ6では、演算手段204は、差分演算器206の出力が一定となるように、アクチュエータ207を駆動する。このとき、変位センサ208によりプリズムの回転角及び回転方向をモニターする。その後、演算手段は、ステップ7へ移行する。

【0061】〔ステップ7〕ステップ7では、演算手段204は、全ての投影光学ユニットに関して調整が完了しているか否かを判断する。この説明においては、投影光学ユニット21Cに関する調整が完了していないため、ステップ8へ移行する。

【0062】〔ステップ8〕ステップ8では、演算手段204は、投影光学ユニット21Cに関してステップ0及びステップ1を実行し、ステップ9へ移行する。

【0063】〔ステップ9〕ステップ9では、差分演算器206により、投影光学ユニット21Bに関するピッチpと回転角 $\delta$ の方向とがメモリー205内に記憶された投影光学ユニット21Aのものと同じか否かを判断する。ここで、等しくない場合には、演算手段204

は、次のステップ10へ移行し、等しい場合には、ステップ11へ移行する。

【0064】〔ステップ10〕ステップ10では、演算手段204は、差分演算器206の出力が一定となるように、アクチュエータ207を駆動する。このとき、変位センサ208によりプリズムの回転角及び回転方向をモニターする。その後、演算手段は、ステップ11へ移行する。

【0065】〔ステップ11〕ステップ11では、演算手段204は、全ての投影光学ユニット21A～21Cに関して調整が完了したか否かを判断する。なお、このステップ11においては、全ての投影光学ユニット21A～21Cに関して調整が完了しているため、説明を終了する。

【0066】なお、上述の説明においては、3組の投影光学ユニット21A～21Cを例にとって説明しているが、図3に示す如く、3組以上の投影光学ユニットが存在する場合においても調整動作は同様である。さらに、上述の説明においては、投影光学ユニット21Aを基準としているが、基準にする投影光学ユニットはどの投影光学ユニットであっても良い。また、上述の説明においては、検出ユニット145がY方向（走査直交方向）のみ可動となるように構成されているが、この検出ユニット145は図3に示すようにXY平面内において可動となるように設けられても良い。

【0067】実際の投影露光装置では、投影光学系が多数の投影光学ユニットによって構成される。したがって、一対の格子パターン15および16によって投影光学系全体の領域を占めるように構成するのが好ましいが、少なくとも任意の隣接する2つの投影光学ユニットの領域を占める格子パターンをそれぞれ投影パターン面および像面内において順次移動させながら投影光学系全体に亘って補正動作を行ってもよい。また、実際の格子パターンには格子ピッチの誤差もあるので、モアレ縞のピッチを計測する際には、観察全視野における平均ピッチを参照するのが好ましい。

【0068】このように、本実施例では、各投影光学ユニットの組み立て誤差等に起因する各投影光学ユニット間の像の向きの誤差を計測し、その結果に基づいて各投影光学ユニット間の像の向きの誤差を微調するので、各投影光学ユニットを介した各パターン像を高い整合性をもってプレート上に転写することができる。また、上記微調を定期的に行うことにより、常に安定した走査露光が可能となる。なお、本実施例では、ダイソン型の2つの部分光学系からなる投影光学ユニットを例にとって本発明を説明したが、投影光学ユニットはオフナー型の2つの部分光学系から構成されていてもよいし、また他の反射型の1つまたは2つの部分光学系から構成されていてもよい。

【0069】なお、上述の実施例においては、観測手段



としての受光レンズ13およびイメージセンサ14を移動可能としたが、複数の受光センサとイメージセンサとを各投影光学ユニットの下方（各投影光学ユニットの像側）にそれぞれ配置しても良い。この場合、複数の受光レンズの光軸が各投影光学ユニットの光軸とそれぞれ一致するように、それぞれの受光レンズを設けるのが望ましい。

#### 【0070】

【効果】以上説明したように、本発明では、複数の投影光学ユニットで投影光学系を構成しながら各投影光学ユニットの像の間の整合性の高い走査投影露光を行うことができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例にかかる投影露光装置の構成を示す斜視図である。

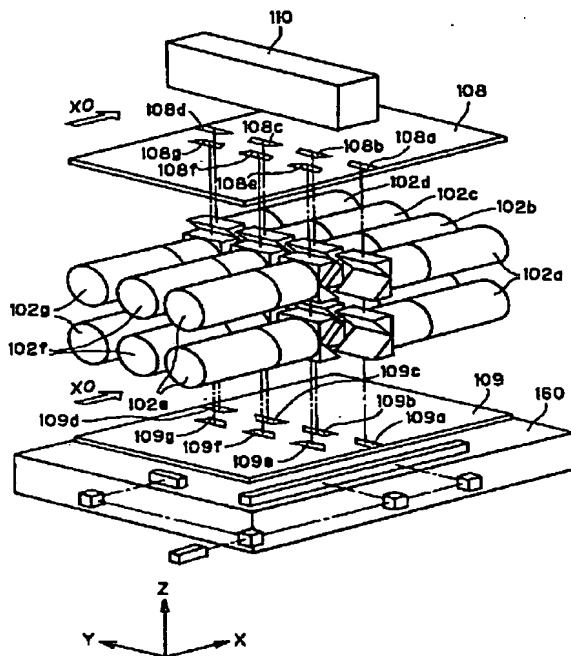
【図2】図1の投影露光装置の投影光学系の構成を示す図である。

【図3】本発明の実施例にかかる投影露光装置の補正手段の構成を示す図である。

【図4】本発明の実施例にかかるステージの構成を示す図である。

【図5】本発明の実施例にかかる投影露光装置の断面図である。

【図1】



【図6】投影光学ユニットの反射面の位置ずれと形成される像の向きとの関係を説明する図であって、(a)は第2の部分光学系の反射面だけが位置ずれした場合を、(b)は第2の部分光学系全体が位置ずれした場合を示している。

【図7】投影光学ユニットの構成を示す図であって、(a)はXY断面図、(b)はXZ断面図、(c)はYZ断面図である。

【図8】投影光学ユニットの調整動作を模式的に示す図である。

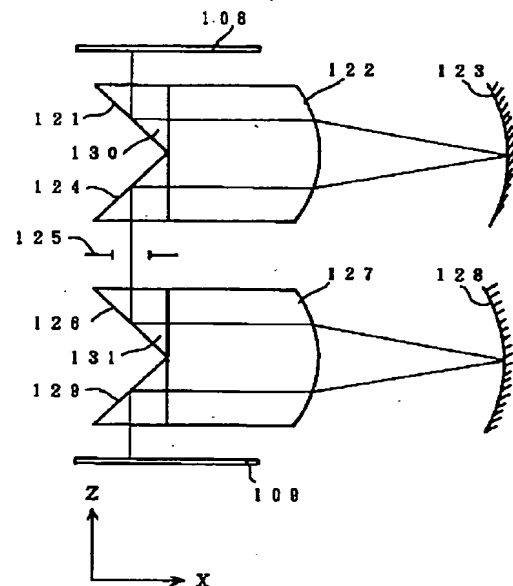
【図9】本発明の実施例にかかる投影露光装置のブロック図である。

【図10】本発明の実施例にかかる投影露光装置における動作の一例を示すフローチャート図である。

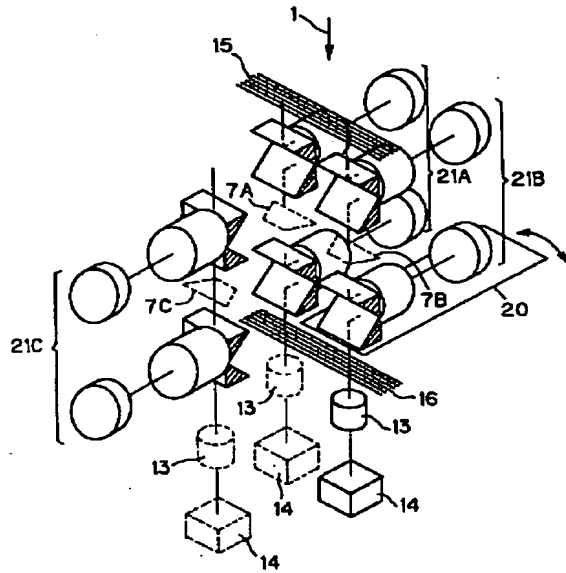
#### 【符号の説明】

- 15、16 明暗格子
- 13 結像レンズ
- 14 イメージセンサ
- 102 投影光学ユニット
- 108 マスク
- 109 プレート
- 110 照明光学系
- 125 視野絞り

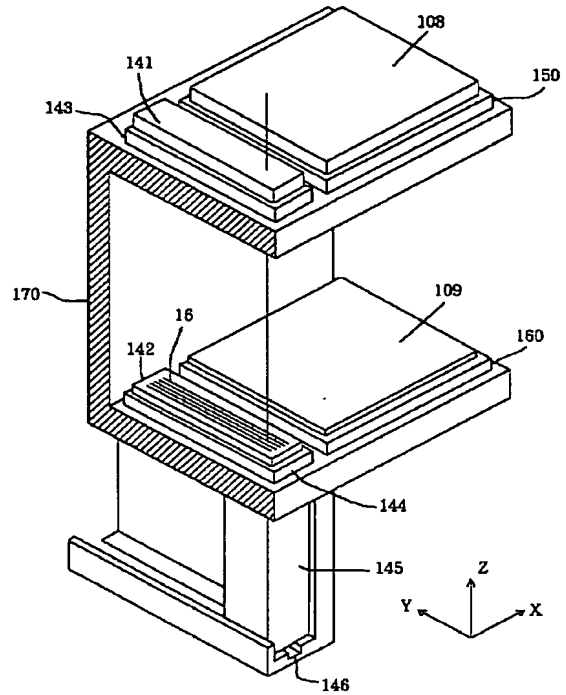
【図2】



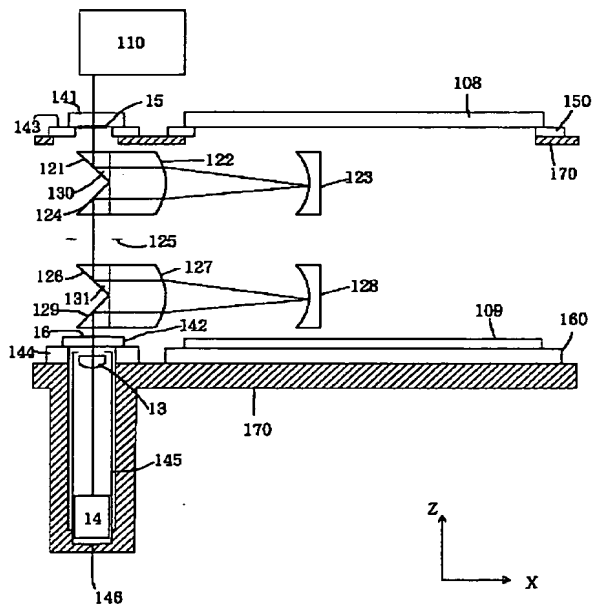
【図 3】



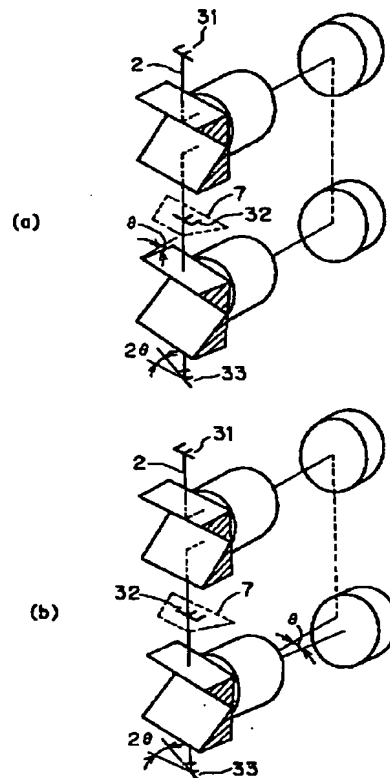
【図 4】



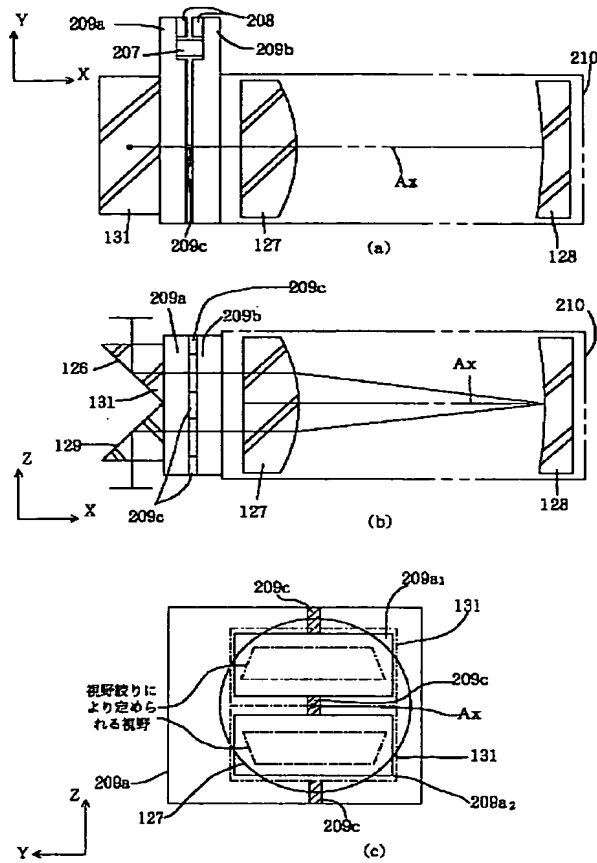
【図 5】



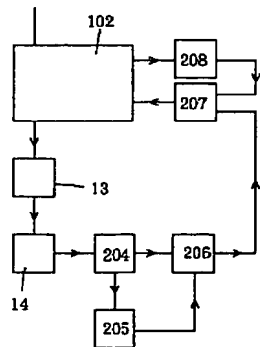
【図 6】



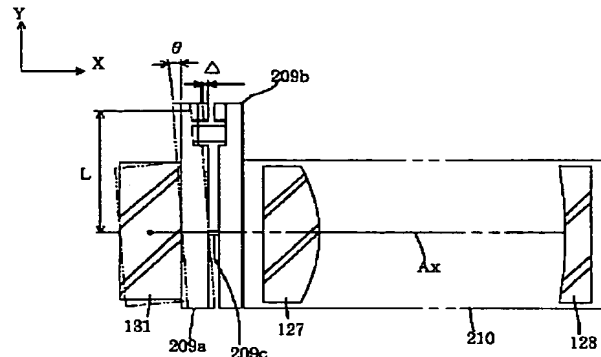
【図7】



【図9】



【図8】



【図10】

